

به نام خداوند بخشنده مهربان



معاونت آموزشی و پژوهشی

مدیریت امور پژوهشی و فناوری

عنوان پژوهش

آنالیز عنصری بقایای انسانی تپه پوستچی با استفاده از ICP-MS

مجری طرح:

دکتر حسنعلی عرب

همکاران

دکتر علیرضا سرداری - خانم تبسم ایلخان

پاییز ۱۳۹۹



استان فارس در مطالعات باستان شناسی ایران جایگاه ویژه ای دارد، با این وجود شواهد باستان شناختی اندکی از دشت شیراز به دست آمده است و این امر بر اهمیت کاوش های انجام شده در تپه پوستچی می افزاید. در خلال کاوش های فصل دوم از ترانسه های E و D تعداد استخوان های متعلق به سی و چهار فرد برداشت و شناسایی شد. به دلیل اهمیت این محوطه و به منظور درک بهتر از آن، آنالیز طیف سنجی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) برای بررسی ارتباط میزان غلظت عناصر در استخوان های انسان با محیط پیرامونی در نظر گرفته شد. در این راستا، میزان غلظت عناصر آلومینیوم (Al)، آهن (Fe)، زینک (Zn)، استرانسیوم (Sr)، فسفر (P)، منیزیم (Mg)، مس (Cu)، کلسیم (Ca) و باریم (Ba) در نمونه های استخوانی و حاکی مورد بررسی قرار گرفت. پانزده نمونه استخوان انسانی به صورت رندوم از میان گروه های سنی نابالغ، نوجوان، بزرگسال و شش نمونه از خاک بستر تدفین ها برای انجام آنالیز عنصری انتخاب گردید. در ادامه تأثیر چهار متغیر سن، جنسیت، مکان نمونه برداری و خاک محوطه بر میزان غلظت عناصر با استفاده از نرم افزار SPSS و شیوه ی رگرسیون خطی گام به گام و همزمان بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان می دهند که گروه سنی، عوامل محیطی و روند دیاژنسیس بر میزان غلظت عناصر در استخوان ها داشته است و در چنین شرایطی استفاه از این شیوه برای بازسازی پدیده ها در طول حیات امکان پذیر نخواهد بود. در بررسی داده ها Al بیشترین میزان وابستگی از محل نمونه برداری و بیشترین میزان تأثیرپذیری عناصر Ba، Ca، Cu، Mg، P، Sr از متغیر سن بوده است. این در حالی است که Zn و Fe بیشترین وابستگی را به متغیر جنسیت نشان داده اند.

کلید واژگان: تپه پوستچی، ICP-MS، دوران اسلامی، آنالیز عنصری، انسان شناسی جسمانی، SPSS.

فهرست مطالب

فصل اول: طرح تحقیق (کلیات).....	۱
۱_۱. مقدمه:.....	۱
۱_۲. بیان مسأله طرح:.....	۱
۱_۳. ضرورت پژوهش:.....	۲
۱_۴. اهداف طرح:.....	۲
۱_۴_۱. اهداف کلی:.....	۲
۱_۴_۲. اهداف جزئی:.....	۲
۱_۵. اسؤالات تحقیق و فرضیه ی کلی:.....	۳
۱_۶. تعریف واژه ها و اصطلاحات:.....	۳
۱_۷. محدودیت های پژوهشی:.....	۳
فصل دوم: ادبیات تحقیق.....	۴
۲_۱. مقدمه.....	۴
۲_۲. مبانی نظری تحقیق.....	۴
۲_۳. پیشینه ی تحقیق.....	۷
فصل سوم: ادبیات تحقیق.....	۹
۳_۱. مقدمه.....	۹
۳_۲. جامعه ی تحقیق:.....	۹
۳_۲_۲. نمونه و روش نمونه گیری:.....	۱۲
۳_۴. شیوه ی پژوهش.....	۱۴
۳_۴_۱. روش اجرای پژوهش (تحقیق):.....	۱۴
۳_۴_۲. طیف سنجی جرمی پلاسما ((ICP-MS).....	۱۴
۳_۴_۳. هیدروفلوئوریک اسید (HF): محلول اسید نیتریک (HNO ₃).....	۱۵
۳_۴_۴. عملکرد نبولایزر:.....	۱۵
۳_۴_۵. روش های تجزیه و تحلیل:.....	۱۶

فصل چهارم: یافته های تحقیق (داده ها و تجزیه و تحلیل آن ها):	۱۷
۴_۱ مقدمه:	۱۷
۴_۲ ارائه ی داده ها:	۱۷
۴_۲_۱ دیاژنوسیس	۱۷
۴_۲_۲ نتایج آزمایشگاهی پژوهش:	۱۹
۴_۲_۳ نتایج آزمایشگاهی به همراه تحلیل آماری با استفاده از SPSS و EXCEL	۲۰
۴_۲_۳_۱ عناصر	۲۱
۴_۲_۳_۱_۱ تحلیل اطلاعات (آزمون فرضیه):	۲۲
۴_۲_۳_۱_۱_۱ آلومینیوم	۲۲
۴_۲_۳_۱_۱_۲ باریم	۲۴
۴_۲_۳_۱_۱_۳ کلسیم	۲۶
۴_۲_۳_۱_۱_۴ مس	۲۹
۴_۲_۳_۱_۱_۵ منیزیم	۳۲
۴_۲_۳_۱_۱_۶ آهن	۳۴
۴_۲_۳_۱_۱_۷ فسفر	۳۵
۴_۲_۳_۱_۱_۸ استرانسیوم	۳۸
۴_۲_۳_۱_۱_۹ زینک	۴۰
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها:	۴۳
۵_۱ مقدمه:	۴۳
۵_۲ بحث	۴۳
۵_۲_۱ تحلیل توصیفی عناصر	۴۳
۵_۳ نتیجه گیری	۴۵
۵_۴ پیشنهاد	۴۷

فهرست جداول

- جدول ۱-۳: نتایج بررسی مقدماتی بقایای انسانی به دست آمده از ترانسه ی D..... ۱۱
- جدول ۲-۳: نتایج بررسی مقدماتی بقایای انسانی به دست آمده از ترانسه ی E..... ۱۱
- جدول ۳-۳: شماره ی ثبتی، جنس، سن و مکانی که از آن نمونه برداری انجام شد..... ۱۲
- جدول ۳-۴: تناوب داده‌ها بر اساس جنسیت با استفاده از نرم‌افزار SPSS..... ۱۳
- جدول ۳-۵: تناوب داده‌ها بر اساس سن با استفاده از نرم‌افزار SPSS..... ۱۴
- جدول ۴-۱: غلظت عناصر موجود در استخوان‌ها و نمونه‌های خاک با استفاد از آنالیز ICP-MS بر اساس mg/kg..... ۲۰
- جدول ۴-۲: نمودار پراکندگی داده‌ها بر اساس میزان وابستگی..... ۲۲
- جدول ۴-۳: نمودار پراکندگی داده‌ها بر اساس متغیر سن..... ۲۳
- جدول ۴-۴: نمودار غلظت آلومینیوم در نمونه‌های استخوانی و خاک..... ۲۳
- جدول ۴-۵: نمودار پراکندگی داده‌ها بر اساس متغیر جنسیت..... ۲۴
- جدول ۴-۶: نمودار پراکندگی عنصرباریم بر اساس متغیر سن با استفاده از روش ورود یا همزمان..... ۲۵
- جدول ۴-۷: نمودار پراکندگی عنصر باریم بر اساس متغیر جنسیت با استفاده از روش گام به گام..... ۲۵
- جدول ۴-۸: نمودار غلظت باریم در نمونه‌های استخوانی و خاک..... ۲۶
- جدول ۴-۹: پلات پراکندگی عنصر کلسیم با استفاده از روش وارد یا همزمان..... ۲۷
- ۲۷
- جدول ۴-۱۰: نمودار پراکندگی عنصر کلسیم بر اساس متغیر جنسیت با استفاده از روش گام به گام..... ۲۷
- جدول ۴-۱۱: نمودار پراکندگی داده‌ها بر اساس متغیر سن با استفاده از روش گام به گام..... ۲۸
- جدول ۴-۱۲: نمودار غلظت کلسیم در نمونه‌های استخوانی و خاک..... ۲۸
- جدول ۴-۱۳: پلات PP عنصر مس در روش گام به گام..... ۲۹
- جدول ۴-۱۴: نمودار وابستگی عنصر مس بر اساس متغیر مکان با استفاده از روش ورود یا همزمان..... ۲۹
- جدول ۴-۱۵: نمودار وابستگی عنصر مس بر اساس متغیر سن با استفاده از روش گام به گام..... ۳۰
- جدول ۴-۱۶: نمودار وابستگی عنصر مس بر اساس متغیر جنسیت با استفاده از روش گام به گام..... ۳۱
- جدول ۴-۱۷: نمودار غلظت مس در نمونه‌های استخوانی و خاک..... ۳۱
- جدول ۴-۱۸: پلات پراکندگی منیزیوم بر اساس میزان وابستگی با استفاده از شیوه ی ورود یا همزمان..... ۳۲

- جدول ۴-۱۹: نمودار وابستگی عنصر منیزیوم بر اساس متغیر سن با استفاده از روش گام به گام..... ۳۳
- جدول ۴-۲۰: نمودار وابستگی عنصر منیزیوم بر اساس متغیر جنسیت با استفاده از روش گام به گام..... ۳۳
- جدول ۴-۲۱: نمودار غلظت منیزیوم در نمونه های استخوانی و خاک..... ۳۴
- جدول ۴-۲۲: نمودار غلظت آهن بر اساس سه متغیر با استفاده از شیوه ی ورود یا همزمان..... ۳۴
- جدول ۴-۲۳: نمودار غلظت آهن در نمونه های استخوانی و خاک..... ۳۵
- جدول ۴-۲۴: پلات *PP* عنصر فسفر در روش گام به گام..... ۳۶
- جدول ۴-۲۵: نمودار وابستگی عنصر فسفر بر اساس متغیر جنسیت با استفاده از روش ورود یا همزمان..... ۳۶
- جدول ۴-۲۶: نمودار وابستگی عنصر فسفر بر اساس متغیر سن با استفاده از روش گام به گام..... ۳۷
- جدول ۴-۲۷: نمودار غلظت فسفر در نمونه های استخوانی و خاک..... ۳۷
- جدول ۴-۲۸: پلات پراکندگی استرانسیوم بر اساس میزان وابستگی با استفاده از شیوه ی گام به گام..... ۳۸
- جدول ۴-۲۹: نمودار وابستگی عنصر استرانسیوم بر اساس متغیر جنسیت با استفاده از روش ورود یا همزمان..... ۳۹
- جدول ۴-۳۰: نمودار وابستگی عنصر استرانسیوم بر اساس متغیر سن با استفاده از روش گام به گام..... ۳۹
- جدول ۴-۳۱: نمودار غلظت استرانسیوم در نمونه های استخوانی و خاک..... ۴۰
- جدول ۴-۳۲: پلات پراکندگی زینک بر اساس میزان وابستگی با استفاده از شیوه ی ورود یا همزمان..... ۴۰
- جدول ۴-۳۳: نمودار وابستگی عنصر زینک بر اساس متغیر جنسیت با استفاده از روش همزمان یا ورود..... ۴۱
- جدول ۴-۳۴: نمودار وابستگی عنصر زینک بر اساس متغیر سن با استفاده از روش همزمان یا ورود..... ۴۱
- جدول ۴-۳۵: نمودار غلظت زینک نمونه استخوانی و خاک..... ۴۲

فهرست تصاویر

تصویر ۴_۱: نسبت نسبی کلاژن، مواد معدنی و آب برای طیف وسیعی از گونه ها و بافت ها (Kendall et al., ۲۰۱۸: ۲).
۱۸

هدف اصلی علم باستان‌شناسی را می‌توان بازسازی زندگی گذشتگان و شناسایی راهی دانست که انسان در طول زمان طی نموده تا به چنین جایگاهی دست یابد. حال آنکه برای رسیدن به چنین شناختی از ساکنین گذشته چه گزینه‌ای بهتر از شناخت و مطالعه‌ی مستقیم بقایای استخوانی آن‌ها خواهد بود! با توجه به این موضوع اهمیت مطالعات انسان‌شناسی جسمانی نمایان می‌شود. به‌طور کلی زیست باستان‌شناسی به مجموعه‌ای از علوم میان رشته‌ای گفته می‌شود که در آن مواد به دست آمده از کاوش‌های باستانی با استفاده از یکی از رشته‌های زیست‌شناسی مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد که انسان‌شناسی جسمانی، گیاه باستان‌شناسی، جانورباستان‌شناسی، انگل‌شناسی و ... از آن جمله به شمار می‌آیند. غنای فرهنگی ایران و وجود گورستان‌های تاریخی و پیش از تاریخی، موجب گردید که سالیان سال جای خالی این مطالعات در کشور احساس شود. از اوایل قرن بیست میلادی پژوهش‌های این‌چنینی در کشورهای پیشرفته به‌کار گرفته می‌شد، در حالی که این دانش در ایران نوظهور بوده و پژوهش حاضر را می‌توان از نخستین موارد در این زمینه دانست. امید است با بیشتر شدن مطالعات این‌چنینی، اطلاعات گسترده‌تری از این زمینه‌ی در دسترس پژوهشگران آتی قرار گیرد. از دیگر موارد شایان توجه در مطالعات پیشرو، استفاده از امکانات آزمایشگاهی نسبتاً ارزان قیمت در داخل کشور است، چرا که بیشترین آنالیزهایی که بر روی بقایای انسانی انجام می‌شوند همانند *adDNA*، بسیاری از مطالعات ایزوتوپی، تاریخنگاری و بسیاری موارد دیگر، به دلیل نبود امکانات آزمایشگاهی، در ایران امکان‌پذیر نیست. لذا در این پروژه با در نظر گرفتن آنالیز *ICP-MS* به منظور پاسخ به پرسش‌هایی از قبیل امکان استفاده از آنالیز عنصری در مشخص کردن رژیم غذایی و تأثیر متغیرهای جنسیت، سن، محیط پیرامون و مکان نمونه برداری، مورد استفاده قرار گرفت. در ارتباط با بازسازی زندگی فرد در طول حیات، این امر با توجه به نتایج به دست آمده و شرایط عمومی بقایا غیر ممکن خواهد بود. در ارتباط با میزان تأثیر متغیرهای ذکر شده، ابتدا می‌بایستی به محدودیت بودجه و متعاقباً جامعه‌ی آماری اشاره کرد، که این امر احتمال خطا در نتایج را افزایش می‌دهد. به همین دلیل در طول پژوهش سعی بر آن شد که با مطالعه‌ی گسترده‌ی تحقیقاتی که با استفاده از *ICP-MS* و آنالیزهای مشابه به بررسی گسترده بر استخوان‌های انسان مدرن یا بقایای باستانی پرداخته‌اند، اشاراتی شود. با توجه به نتایج گزارش شده، به نظر می‌رسد که تمامی متغیرها نام برده در میزان غلظت عناصر در بافت استخوانی تأثیرگذار بوده‌اند که برای درک بهتری از میزان وابستگی‌ها متغیرهای وابسته و مستقل با نرم‌افزار *SPSS* و شیوه‌ی رگرسیون خطی همزمان و گام به گام تحلیل و تفسیر شد. نتایج حاصله نشان دهنده‌ی وابستگی بالای غلظت عناصر به متغیرسن و پس از آن خاک محوطه بیشترین میزان را به خود اختصاص می‌دهد.

فصل اول: طرح تحقیق (کلیات)

۱-۱. مقدمه:

انسان شناسی جسمانی را می‌توان یکی از کارآمدترین علوم میان‌رشته‌ای دانست که در باستان‌شناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع بیشتر پژوهش‌هایی که امروزه انجام می‌شود در راستای درک بهتر از چستی بشر و بهبود شرایط زیستی اوست. با ادغام علوم پیشرفته‌ای چون انسان‌شناسی، زیست‌شناسی، ژنتیک، زمین‌شناسی، شیمی و ... می‌توان به نتایج شگرفی از زندگی پیشینیان دست یافت. بازسازی شکل‌گیری فرآیندهای گوناگون در زندگی انسان و بررسی دقیق پیدایش آن‌ها می‌تواند منجر به شناسایی فرآیندهای پیش‌رو شود تا در صورت لزوم از وقوع آن جلوگیری یا تغییری در آن حاصل‌آید. به‌طور مثال شناسایی فلزات سنگین در بدن و تأثیر مخرب آن‌ها بر سلامتی، موجب شکل‌گیری راه‌های جلوگیری و درمانی برای این پدیده شد. شناسایی بیماری‌های مختلف، آسیب‌دیدگی‌های خارجی و حتی درگیری یا جنگ در میان جوامع را از دیگر مزایای این فعالیت می‌توان به‌شمار آورد. ترسیم بازه‌ی دگرگونی بیماری‌ها از دیر باز تا کنون می‌تواند به پیش‌بینی نحوه‌ی عملکرد آن در آینده و در برخی موارد به راهگشایی برای درمان آن منجر شود. بازسازی جمعیت محوطه‌های باستانی، بررسی فرآیند معدنی‌شدگی و تأثیر آن بر بافت استخوانی، بازسازی رژیم غذایی، شرایط جغرافیای و نهایتاً تغییرات محیط زیستی و اقلیمی در مناطق مورد مطالعه، چشم‌انداز روشنی از روند شکل‌گیری و پیدایش بسیاری از پدیده‌ها در اختیار می‌گذارد. به‌طور کلی این پژوهش می‌تواند با بررسی فرآیندهای انجام شده پس از مرگ و رابطه‌ی آن با محیط پیرامون، راه‌گشا و راهنمایی برای پژوهشگران این علم در آینده به‌شمار آید.

۱-۲. بیان مسأله طرح:

بسیاری از محوطه‌های باستانی به‌دست آمده در ایران را گورستان‌ها تشکیل می‌دهند که این امر موجب اهمیت روزافزون انسان‌شناسی جسمانی و بررسی بقایای انسانی محوطه‌ها با استفاده از تکنیک‌های مختلف و آنالیزهای شیمی شده است. با در نظر گرفتن مسأله‌ی ذکر شده، تپه پوستچی شیراز را نمی‌توان از این قاعده مستثنی دانست. مطالعات بقایای انسانی از محوطه‌های باستانی ابزار مهمی برای ارتقای دانش بشری از زندگی مردمان گذشته است. درواقع استخوان‌ها آرشیه‌های اطلاعاتی زیستی را همچون شیوه‌ی معیشتی، محل زندگی و چگونگی مهاجرت‌ها را در خود ذخیره می‌کنند. برای مثال برخی از عناصر کمیاب (مانند استرانسیوم و روی) را به‌عنوان شاخصی برای تعیین میزان استفاده از سبزیجات، غلات و گوشت در میان جوامع پیشین مورد بررسی قرار می‌دهند. یکی از روش‌های مطالعه‌ی استخوان‌های باستانی تعیین و شناسایی عناصر توسط آنالیز ICP-MS⁻ (Mg, Mn, Cu, Zn, Sr) و Pb و تجزیه و تحلیل داده‌های آماری است (Corti et al, ۲۰۱۸). استفاده از آنالیز عنصری در شناسایی و بررسی وضعیت اقتصادی-اجتماعی جوامع پیشین از قرن بیست آغاز گردید، سپس این شیوه در دهه‌های اخیر توسط برخی از اندیشمندان غیر قابل استناد خوانده شد (Hancock et al, ۱۹۸۷; Lambert et al, ۲۰۰۲; Fabig & Herrmann, ۲۰۰۲; Trueman & Tuross, ۱۹۸۴; Lambert et al, ۱۹۷۹ & ۱۹۸۲). باریم و استرانسیوم در شناسایی رژیم غذایی گذشتگان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rasmussen et al, ۲۰۱۵; Torino et al, ۲۰۱۷; Rasmussen et al, ۲۰۱۵). که درصد عناصر به‌دست آمده، نشان از تأثیر عوامل محیطی دارد یا می‌توان آن را مرتبط با عواملی در دوران حیات استخوان‌ها دانست. در این میان تعداد محدودی از عناصر کلسیم، زینک، سرب را می‌توان ذکر کرد که عوامل محیطی پس از مرگ تأثیر کمتری بر آن‌ها داشته لذا می‌توان در مطالعات مرتبط با دوران گذشته مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به تعداد فراوان بقایای انسانی به‌دست آمده از تپه پوستچی که بسیاری از آن‌ها به افراد نابالغ تعلق دارند، آنالیز عنصری استخوان‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های چند متغیری بر روی عناصر کمیاب می‌توان استخوان‌های انسانی را بر اساس سن، جنسیت و

Abstract

Fars province plays a crucial role in archaeological studies in Iran. Despite the central region of Fars, limited archaeological evidence has been discovered in Shiraz plain, leading to the importance of Tappeh Poustchi project. During the second season, thirty-four individuals were unearthed and identified, all of which were obtained from two trenches E and D. To increase our knowledge of this vital area, ICP-MS analysis has been used to shed light into the relationship between bone's components and its surrounded environment, as well as the possibility of reconstructing lifetime events by applying the method. Elemental analysis was based on evaluation of nine components either in bones and soils sample, including aluminum (Al), iron (Fe), zinc (Zn), strontium (Sr), phosphorus (P), magnesium (Mg), copper (Cu), Calcium (Ca) and barium (Ba). Fifteen samples were randomly selected from immature, adolescent and adult skeletal remains for analysis; in addition, six soil samples from features and layers in which burials were located. Afterwards, the dependency of those concentrations on four variables, which means age group, gender, place of sampling and soil, has evaluated by using linear regression with Stepwise and Inter methods in SPSS. The results show that the concentration of elements in the bone has significantly affected by age variable, taphonomic factors and diagenesis process. Under this circumstance, using this approach to reconstruct lifetime events, such as paleodiet, is unreliable. While a majority of components, consisting Sr, P, Mg, Cu, Ca and Ba, are considerably influenced by the age variable, Al shows different behaviour and mainly dependent on the sampling place. Likewise, Zn and Fe in which have demonstrated a substantial dependence on the gender variable.

Key words: Tappeh Poustchi, ICP-MS, Islamic period, Physical anthropology, Elemental analysis, SPSS

In the name of God, Most Gracious, Most Merciful



Deputy of Education and Research

Management of research and technology

Research title:

Elemental analysis of human bone by using ICP-MS, Tappeh

Poustchi, Iran

Project Executors:

Hasanali Arab

Tabasom Ilkhan

Fall 2020